

(translation of the front page of the priority document of  
Japanese Patent Application No. 2000-133597)



PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the  
following application as filed with this Office.

Date of Application: May 2, 2000

Application Number : Patent Application 2000-133597

Applicant(s) : Canon Kabushiki Kaisha

May 30, 2001

Commissioner,  
Patent Office

Kouzo OIKAWA

Certification Number 2001-3046962

CFM 2217 US



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

09/845,297  
Akihiro Nakachi  
May 1, 2001

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 5月 2日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-133597

出 願 人

Applicant(s):

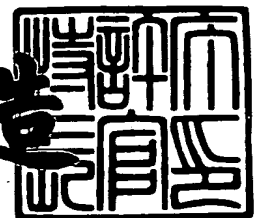
キヤノン株式会社



2001年 5月30日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3046962

【書類名】 特許願

【整理番号】 4133043

【提出日】 平成12年 5月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03F 7/20

【発明の名称】 投影露光装置

【請求項の数】 4

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社  
社内

    【氏名】 中内 章博

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社  
社内

    【氏名】 佐藤 隆一

【特許出願人】

    【識別番号】 000001007

    【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

    【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

    【識別番号】 100065385

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 山下 穰平

    【電話番号】 03-3431-1831

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 010700

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

特 2 0 0 0 - 1 3 3 5 9 7

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703871

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 投影露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 フォトマスク上の転写用の第 1 のパターンを第 1 の照明条件で照明し、前記第 1 のパターンを、投影光学系を介して形成される第 1 のパターンの結像面上に配置した感光性の基板上の露光領域に投影露光し、

前記フォトマスク又は別のフォトマスク上の第 2 のパターンを第 2 の照明条件で照明し、前記投影光学系を介して形成される前記第 2 のパターンの結像位置近傍に第 3 のパターンを配置し、

さらに前記第 3 のパターンを通過した後の光束によって形成される像の光強度分布を測定する光強度分布測定装置を配置し、

前記第 3 のパターンを前記投影光学系の光軸と垂直な 1 方向又は複数方向に走査し、

前記光強度分布測定装置により前記走査と同期して得られる光強度分布の変化から、前記投影光学系の波面収差を得ることを特徴とする投影露光装置において、

前記光強度分布測定装置は、前記投影光学系の射出瞳を結像する瞳結像光学系と、前記結像された射出瞳の像を撮像する撮像素子とからなり、

前記瞳結像光学系の物体側焦点位置と前記第 3 のパターンの位置、前記瞳結像光学系の像側焦点位置と該撮像素子の撮像面が各々一致していることを特徴とする投影露光装置。

【請求項 2】 フォトマスク上の転写用の第 1 のパターンを第 1 の照明条件で照明し、前記パターンを投影光学系を介して形成される第 1 のパターンの結像面上に配置した感光性の基板上の露光領域に投影露光し、

前記フォトマスク又は別のフォトマスクやフォトマスク上の第 2 のパターンを第 2 の照明条件で照明し、前記投影光学系を介して形成される前記第 2 のパターンの結像位置近傍に第 3 のパターンを配置し、

さらに前記第 3 のパターンを通過した後の光束によって形成される像の光強度分布を測定する光強度分布測定装置を配置し、

前記第 3 のパターンを前記投影光学系の光軸と垂直な 1 方向あるいは複数方向に走査し、

前記光強度分布測定装置により前記走査と同期して得られる光強度分布の変化から、前記投影光学系の波面収差を得ることを特徴とする投影露光装置において

前記第 3 パターンと前記光強度分布測定装置が一体となって走査されることを特徴とする投影露光装置。

【請求項 3】 フォトマスク上の転写用の第 1 のパターンを第 1 の照明条件で照明し、前記パターンを投影光学系を介して形成される第 1 のパターンの結像面上に配置した感光性の基板上の露光領域に投影露光し、

前記フォトマスクやフォトマスク、あるいは別のフォトマスクやフォトマスク上の第 2 のパターンを第 2 の照明条件で照明し、

前記投影光学系を介して形成される前記第 2 のパターンの結像位置近傍に第 3 のパターンを配置し、さらに前記第 3 のパターンを通過した後の光束によって形成される像の光強度分布を測定する光強度分布測定装置を配置し、

前記第 3 のパターンを前記投影光学系の光軸と垂直な 1 方向又は複数方向に走査し、前記光強度分布測定装置により前記走査と同期して得られる光強度分布の変化から、前記投影光学系の波面収差を得ることを特徴とする投影露光装置において、

前記第 3 のパターンと前記光強度分布測定装置が一体となって走査され、前記光強度分布測定装置は、前記投影光学系の射出瞳を結像する瞳結像光学系と、前記結像された射出瞳の像を撮像する撮像素子からなり、前記瞳結像光学系の物体側焦点位置と前記第 3 のパターンの位置、前記瞳結像光学系の像側焦点位置と該撮像素子の撮像面が各々一致していることを特徴とする投影露光装置。

【請求項 4】 請求項 1 乃至 3 記載の投影露光装置により、デバイスパターンでウエハを露光する工程と、露光したウエハを現像する工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】

本発明は、マスク上のパターンを投影光学系を介して感光性の基板に転写する露光装置に関するもので、このような露光装置は導体素子を製造する際のリソグラフィ工程等で使用される。

【0002】

【従来の技術】

従来、半導体素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際にフォトマスクやフォトマスク等（以下、フォトマスクと総称する）に形成された回路パターン等を感光剤が塗布された半導体ウエハ等に転写する投影型露光装置が使用されている。この種の露光装置では、フォトマスク上のパターンを所定の倍率（縮小率）で正確にウエハ上に転写することが要求されており、この要求に応えるためには、像性能のよい、収差を抑えた投影光学系を用いることが重要である。特に近年、半導体デバイスの一層の微細化要求により、光学系の通常の像性能を超えるパターンを転写するケースが多くなってきており、この結果、転写するパターンは、光学系の収差により敏感になってきている。一方で、投影光学系には露光面積の拡大、高N.A.化が求められており、これは収差補正をより困難にしている。

【0003】

こうした状況の中、露光装置に投影光学系を搭載した状態、すなわち実際に露光に使用する状態で、投影光学系の収差、中でも特に波面収差を計測したいという要求が強くある。これにより、使用状態に即した、より精密なレンズの調整や、収差の受けにくいデバイスの設計が可能となるためである。このような要求に対し、従来から、露光装置に搭載した状態での結像性能を求める手段としては、ナイフエッジやスリットなどで像の強度分布を測定するやり方がある。また、バーチャートなど特定の形状をしたパターンのコントラストを求めるやり方なども行われている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、これらの方法では波面収差を求めることまでは行われていない。

## 【0005】

また、波面収差を求める方法として干渉計を用いる方法があるが、これは投影光学系の製造段階での検査装置として用いられるのが一般的であり、露光装置に搭載するには技術的に、コスト的に壁が厚く、実用には至っていない。

## 【0006】

半導体のリソグラフィにおける投影光学系を、上述の、ナイフエッジやスリットなどで像の強度分をも求める方法で、収差計測するためには、強度分布測定のス/N比が $10^6$ 以上程度は必要とされ、非常に難易度が高い。また、バーチャートを用いてコントラストを求めるやりかたで、波面収差を求めるには、粗いピッチから解像限界を超えるピッチまで非常に多数のバーチャートのコントラストを求める必要があり、バーチャートの製作上、そして測定労力の点から実用的ではない。

## 【0007】

一方、干渉計による方法では、プリズム、ミラー、レンズなどからなる干渉計と、干渉計用のコヒーレンスの良い照明系とを、フォトマスクステージやウエハステージの近傍に配置する必要がある。一般に、ウエハステージやフォトマスクステージ近傍の空間は限られており、干渉計やその照明系の大きさも制約を受けることになる。また、発熱や振動などの面からも制約があり、実装上の難易度がたかい。

## 【0008】

さらに、近年の露光波長の短波長化により、露光波長領域における干渉計のためのコヒーレンスのよい光源は、存在しないか、非常に高額である。このため干渉計方式の収差測定装置を投影露光装置に搭載することは技術的にも、コスト的にも現実的なものがない。

## 【0009】

そこで、本発明は、投影露光装置上で投影光学系の結像性能、特に波面収差を計測する機能を備えた投影露光装置を提供することを目的とする。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】



前記課題を解決するために、本発明においては、フォトマスクやフォトマスク上の転写用の第 1 のパターンを第 1 の照明条件で照明し、前記パターンを投影光学系を介して形成される第 1 のパターンの結像面上に配置した感光性の基板上の露光領域に投影露光し、前記フォトマスクやフォトマスク、あるいは別のフォトマスクやフォトマスク上の第 2 のパターンを第 2 の照明条件で照明し、前記投影光学系を介して形成される前記第 2 のパターンの結像位置近傍に第 3 のパターンを配置し、さらに前記第 3 のパターンを通過した後の光束によって形成される像の光強度分布を測定する光強度分布測定装置を配置し、前記第 3 のパターンを前記投影光学系の光軸と垂直な 1 方向あるいは複数の方向に走査し、前記光強度分布測定装置により前記走査と同期して得られる光強度分布の変化から、前記投影光学系の波面収差を得ることを特徴とする投影露光装置において、前記第 3 パターンと前記光強度分布測定装置が一体となって走査される。

## 【 0 0 1 1 】

また、前記光強度分布測定装置は、前記投影光学系の射出瞳を結像する瞳結像光学系と、前記結像された射出瞳の像を撮像する撮像素子からなり、前記瞳結像光学系の物体側焦点位置と前記第 3 のパターンの位置、前記瞳結像光学系の像側焦点位置と前記撮像素子の撮像面が一致している。

## 【 0 0 1 2 】

## 【発明の実施の形態】

本発明は、Foucault Test、Wire Test、Phase Modulation Test、Ronchi Test（例えば、Daniel Malacara、“Optical Shop Testing”、John Wiley & Sons、Inc. 231（1978）参照）などで行われている原理に基礎を置いている。

## 【 0 0 1 3 】

一般に、収差が無い理想的な投影光学系の場合、点物体からでた光束は結像点一点に収束するが、収差があると一点には収束しない。

## 【 0 0 1 4 】

図 1 は、このような結像点近傍の光束の様子を示したもので、光線 A が理想的

な結像点 I P からはずれている場合を表わしている。このような結像点近傍に第 3 のパターン 17 と、それを通過した光束の光強度分布測定を測定する光強度分布測定装置 18 が配置されている。

【0015】

ここで、投影光学系の光軸に垂直な平面での第 3 のパターン 17 の位置を (u、v)、それから光強度分布測定装置 18 の光強度測定面の座標系を x y とする。また、光強度分布測定装置 18 の光強度測定面上の位置は投影光学系の射出瞳上の位置と 1 対 1 の対応がとれる程度に広がりを持っているものとする。これは、例えば、光強度分布の検出装置 18 を、ある程度投影光学系の結像位置から離したり、光強度測定面上と射出瞳の位置を共役とするような光学系を置くこと等によって実現できる。

【0016】

光線 A が収差のため、理想結像位置 I P からずれ、第 3 のパターン 17 の不透過部で遮られている。この状態で、第 3 のパターン 17 を通過した光束の光強度分布測定装置 18 の測定面上での光強度分布は、光線 A に対する対応が暗い分布となる。

【0017】

図 2 の円内の左側の暗い分布  $I_a(u, v)$  は、光線 A およびその近傍の光線からなる光束に対応する部分である。 $I_o(u, v)$  は第 3 のパターンの位置が (u、v) の時に主光線に対応する部分の光強度を、 $I_a(u, v)$  は第 3 のパターンの位置が (u、v) の時の光線 A に対応する部分の光強度をそれぞれ表わす。

【0018】

光線 A の光線収差を ( $\varepsilon$ 、 $\eta$ ) とすると、第 3 のパターン 17 を ( $\varepsilon$ 、 $\eta$ ) だけ移動すると、光線 A に対応する部分の光強度は、 $I_o(u, v)$  と等しい、すなわち

$$I_a(u, v) = I_o(u - \varepsilon, v - \eta)$$

となる。したがって第 3 のパターン 17 の位置 (u、v) を移動させながら、光強度分布測定装置 18 の各点における光強度の変化をプロットすると、光線収差

に相当する量だけ位相のずれたパターンが得られる。この位相ずれ量を求めることによって、光線収差を決定できる。

【 0 0 1 9 】

図 3 は、第 3 のパターン 1 7 であり、不透過基板に正方形の開口を設けたパターンである。

【 0 0 2 0 】

図 4 ( a ) は、 $u$  軸に対するプロット図で  $u$  軸方向の光線収差量  $\varepsilon$  だけプロット図の位相がずれていることを示している。

【 0 0 2 1 】

図 4 ( b ) は、 $v$  軸に対するプロット図で、 $v$  軸方向の光線収差量  $\eta$  だけプロット図の位相がずれていることを示している。

【 0 0 2 2 】

ここで、光強度分布測定装置 1 8 の光強度測定面の各点 (  $x$ 、 $y$  ) は、投影光学系の射出瞳と 1 対 1 に対応するようになっているから、光線収差 (  $\varepsilon$ 、 $\eta$  ) は射出瞳上の点 (  $x$ 、 $y$  ) を通過した光線の収差とみなすことができる。

【 0 0 2 3 】

以上、第 2 のパターンが点物体とみなせる場合について説明したが、第 2 のパターン 1 1 が、投影光学系のアイソプラナティック領域より小さい物体であれば、点物体とみなせるほど微少なパターンである必要はない。アイソプラナティック領域は収差が等しいとみなせる領域だから、第 2 のパターンの各点からの同じ収差をもつ結像光束を重ねあわせたものが、第 2 のパターンの像となる。したがって、これを第 3 のパターン 1 7 で走査して得られるプロット図は、前述の第 2 のパターンが点物体とみなせる場合のプロット図を第 2 のパターン像の大きさの分だけ重ねあわせたパターンとなる。

【 0 0 2 4 】

図 5 は、第 2 のパターンをアイソプラナティック領域内の正方形開口とした場合の、結像点近傍の光束の様子を示したものである。A' は光線 A に対応する光束、P' は主光線に対応する光束である。アイソプラナティック領域であるから、両光束の断面は同じ大きさの正方形であり、光線 A' は、光線 A の収差 (  $\varepsilon$ 、

$\eta$ ) だけ、光束  $P'$  からずれたものである。ここで、 $I'_o(u, v)$  を第 3 のパターン 17 の位置が  $(u, v)$  の時の主光線に対応する部分の光強度、および  $I'_a(u, v)$  を光線 A に対応する部分の強度とすると、図からわかるように

$$I'_a(u, v) = I'_o(u - \varepsilon, v - \eta)$$

となる。

【0025】

したがって第 3 のパターン 17 の位置  $(u, v)$  を移動させながら、光強度分布測定装置 18 の光強度測定面の各点における光強度の変化をプロットすると、光線収差に相当する量だけ位相のずれたパターンが得られる。この位相ずれ量を求めることによって、光線収差を決定できる。ここで、第 3 のパターン 17 は、図 5 と同様である。

【0026】

図 6 (a) は、 $u$  軸に対するプロット図で  $u$  軸方向の光線収差量  $\varepsilon$  だけプロット図の位相がずれていることを示している。

【0027】

図 6 (b) は、 $v$  軸に対するプロット図で、 $v$  軸方向の光線収差量  $\eta$  だけプロット図の位相がずれていることを示している。

【0028】

以上のようにして、第 2 のパターンがアイソプラナティック領域内のパターンであれば、点物体とみなせる場合と同じように、光線収差  $(\varepsilon, \eta)$  を求めることができる。

【0029】

さらに、波面収差  $\phi$  と光線収差  $(\varepsilon, \eta)$  の関係として、 $R'$  を結像光束が参照球面と交わる位置と結像面で交わる位置との光路長とすると、以下の式〔1〕及び式 (2) が成り立つ。

【0030】

【数 1】

$$\varepsilon(x, y) = R' \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (1)$$

$$\eta(x, y) = R' \frac{\partial \phi}{\partial y} \quad (2)$$

この関係から波面収差  $\phi$  を求めることができる。この関係は、例えば、Max Born、Emill Wolf、“Principles of Optics 6th Edition”、Chapter V、1993、Pergamon Press に記載されている。

【0031】

以上述べた手段によれば、投影露光装置用として実用化されているナイフエッジやスリット、バーチャートなどによる結像性能測定装置と同程度の規模で、波面収差測定装置を構成した投影露光装置の構成が可能となる。

【0032】

以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。

【0033】

【実施例】

【実施例 1】

図 7 に本発明の第 1 の実施例を示す。

【0034】

図中、16 は第 2 の照明系で、この例では第 1 の照明系を兼ねている。第 2 の照明系 16 から出射した光束は、第 2 のパターン 11 が形成されたマスク 12 を通過し、投影光学系 10 により、第 2 のパターン 11 を結像する。この結像光束は、第 2 のパターン 11 の結像位置近傍に配置された第 3 のパターン 17 を通過し、光強度分布測定装置 18 の測定面に到達し、ここで光強度分布が測定される。第 3 のパターン 17 と、光強度分布測定装置 18 はウエハステージ 14 上に構成され、第 2 のパターン 11 の結像位置近傍に位置合わせされる。19 は第 3 のパターン 17 を光軸に垂直な面内で走査するためのアクチュエータの制御装置、

20は光強度分布の信号処理装置である。

【0035】

第2の照明系16から出射する光束は、第2のパターン11を通過した光束が投影光学系10の入射瞳を十分に覆うものであるとする。これは、例えば、第2の照明系16を、照明系の開口数と投影レンズのマスク側の開口数を等しくすることによって実現される。

【0036】

第2のパターン11は、投影光学系10のアイソプラナティック領域より小さい物体とする。半導体露光装置の投影系の場合、目安として画面サイズの数%以内がアイソプラナティック領域とみなされる。したがって、6" マスクを用いる半導体露光装置の場合、第2のパターン11の大きさは、数ミリ以内となる。

【0037】

図8は、第2のパターン11として矩形開口を、マスク上に10×10のマトリクス状に配置した例である。このように、第2のパターン11を複数個配置し、それぞれの結像位置で結像性能を測定することにより、複数像点での結像性能が計測できる。

【0038】

図9は、第3のパターン17と光強度分布測定装置18の部分を拡大図示したものである。第3のパターン17と光強度分布測定装置18は、ウェハステージ14により第3のパターン17が第2のパターン11の結像位置近傍となるように位置合わせされる。また、光強度分布測定装置18の光強度測定面上の位置は投影光学系の射出瞳上の位置と1対1の対応がとれる程度に広がりのある位置に配置される。これは、例えば、光強度分布の検出装置18を、ある程度投影光学系の結像位置から離すことによって実現できる。あるいは、瞳結像光学系を使用することによっても実現できる。光強度測定装置18は、例えば、2次元固体撮像素子を用い各画素を受光単位とすることによって、個々の受光単位が補足する光束の断面積の合計が前記投影光学系の瞳上において瞳の面積を十分に覆うように構成される。

【0039】

このような状態で、第 3 のパターン 1 7 を、アクチュエータ 3 1 により光軸に垂直な平面を走査する。この時の、パターンの位置に対する光強度分布測定装置 1 8 の各受光単位の光強度変化を光強度分布の信号処理装置 2 0 により、光線収差 ( $\varepsilon(x, y)$ 、 $\eta(x, y)$ ) が得られる。ただし、 $(x, y)$  は、光強度分布測定装置 1 8 の測定面上の位置座標であり、かつ投影光学系の射出瞳面の座標でもある。さらに、このようにして得られた光線収差から、前述の式 (1) 式 (2) に基づいて信号処理装置 2 0 により、波面収差  $\phi(x, y)$  が求められる。

#### 【 0 0 4 0 】

##### 〔実施例 2〕

図 1 0 は、本実施例に係わる投影光学系の結像性能を測定するための第 2 のパターン、第 3 のパターン、光強度分布測定装置とを設けた投影露光装置の構成例である。

#### 【 0 0 4 1 】

1 6 は第 1 の照明系も兼ねた第 2 の照明系、1 1 は第 2 のパターン、1 2 は第 2 のパターン 1 1 が形成されたマスク、1 0 は被測定投影光学系、1 7 は第 3 のパターン、2 0 は演算手段、1 4 はウエハステージ、1 0 2 は第 3 のパターン 1 7 と光強度分布測定装置が一体となったユニットである。

#### 【 0 0 4 2 】

図 1 1 は一体ユニット 1 0 2 の詳細図で、1 0 3 は瞳結像光学系、1 0 4 は C D 等の 2 次元固体撮像素子である。

#### 【 0 0 4 3 】

第 2 の照明系 1 6 から出射した光束は、第 2 のパターン 1 1 が形成されたマスク 1 2 を通過し、投影光学系 1 0 により、第 2 のパターン 1 1 を結像する。この結像光束は、第 2 のパターン 1 1 の結像位置近傍に配置された第 3 のパターン 1 7 を通過し、瞳結像光学系 1 0 3 を介して、固体撮像素子 1 0 4 に到達し、光強度分布が測定される。

#### 【 0 0 4 4 】

この状態で一体ユニット 1 0 2 を投影光学系 1 0 の光軸と垂直方向に走査する

ことで、実施例 1 と同様に投影光学系 1 0 の波面収差測定が可能となる。

【 0 0 4 5 】

瞳結像光学系 1 0 3 は、焦点距離  $f$  のコリメーターレンズであり、物体側焦点面が第 3 のパターン 1 7 の位置、像側焦点面が 2 次元固体撮像素子 1 0 4 の受光面の位置となるように一体ユニット 1 0 2 内に構成され、2 次元固体撮像素子 1 0 4 は瞳結像光学系 1 0 3 により投影光学系 1 0 の射出瞳と共役となっている。

【 0 0 4 6 】

図 1 2 は、一体ユニット 1 0 2 を図 1 0 の  $x$  方向においてマイナスからプラス方向に走査したとき、一体ユニット 1 0 2 に固定した座標系で観察した結像の様子を示す。第 3 のパターン 1 7 は省略してある。

【 0 0 4 7 】

一体ユニット 1 0 2 を  $x$  方向に走査すると、最初 A の位置に合った結像点が  $A \rightarrow B \rightarrow C$  と移動するが、第 2 のパターン 1 1 は投影光学系 1 0 により第 3 のパターン 1 7 の位置に結像していて、瞳結像光学系 1 0 3 の物体側焦点面と第 3 のパターン 1 7 の位置が一致し、瞳結像光学系の像側焦点面と 2 次元固体撮像素子 1 0 4 の受光面の位置が一致しているため、2 次元固体撮像素子 1 0 4 上に結像される投影光学系 1 0 の射出瞳の像位置は、一体ユニット 1 0 2 を走査しても移動せず、射出瞳の一点は常に 2 次元固体撮像素子 1 0 4 上の一点に結像されることとなる。

【 0 0 4 8 】

この状態で、一体ユニット 1 0 2 を投影光学系 1 0 の光軸と垂直方向に走査することで、実施例 1 と同様に投影光学系 1 0 の波面収差測定が可能となる。

【 0 0 4 9 】

本発明の第 2 の実施例によると、一体ユニット 1 0 2 を使用することで、ウエハステージ 1 4 上に配置する要素を簡素化することができ、装置実装上有利である。

【 0 0 5 0 】

[ 実施例 3 ]

実施例 2 では、瞳結像光学系 1 0 3 の物体側焦点位置と第 3 のパターン 1 7 の



位置、瞳結像光学系の像側焦点位置と 2 次元固体撮像素子 1 0 4 の受光面を各々一致させ、第 3 のパターン 1 7、瞳結像光学系 1 0 3、2 次元固体撮像素子 1 0 4 を一体のユニットとして走査する構成としたが、瞳結像光学系 1 0 3 の物体側焦点位置と第 3 のパターン 1 7 の位置、瞳結像光学系の像側焦点位置と 2 次元固体撮像素子 1 0 4 の受光面を各々一致させ、光強度分布測定装置 1 8 を固定した状態で、第 3 のパターン 1 7 だけを走査する構成とすることも可能である。

## 【 0 0 5 1 】

この場合、光軸に垂直方向のアライメント精度が緩和される。

## 【 0 0 5 2 】

次に、上記説明した露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法の実施例を説明する。

## 【 0 0 5 3 】

図 1 3 は、半導体デバイス（I C や L S I 等の半導体チップ、あるいは液晶パネルや C C D 等）の製造を説明するためのフローチャートである。ステップ 1（回路設計）では、半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ 2（マスク製作）では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ 3（ウエハ製造）では、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ 4（ウエハプロセス）は、前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ 5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ 4 によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ 6（検査）では、ステップ 5 で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ 7）される。

## 【 0 0 5 4 】

図 1 4 は、ステップ 4 のウエハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ 1 1（酸化）では、ウエハの表面を酸化させる。ステップ 1 2（C V D）では、ウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ 1 3（電極形成）では、ウエハ上

に電極を蒸着等によって形成する。ステップ 1 4（イオン打ち込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ 1 5（レジスト処理）ではウエハに感光材を塗布する。ステップ 1 6（露光）では、上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに露光する。ステップ 1 7（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ 1 8（エッチング）では、現像したレジスト像以外の部部を削り取る。ステップ 1 9（レジスト剥離）では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【 0 0 5 5 】

本実施例の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高精度の半導体デバイスを製造することができる。

【 0 0 5 6 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、実際に使用する状態での投影光学系の波面収差の測定が簡素な構成で実現される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

収差のある光学系の理想結像点  $I P$  から外れた光線  $A$  の光路図

【図 2】

第 3 のパターンの不透過部を通過した光束による光強度分布  $I a(u, v)$  の図

【図 3】

第 3 のパターンの一例を示す図

【図 4】

光強度分布測定装置における  $u$  軸方向、 $v$  軸方向の光強度分布図

【図 5】

第 2 のパターンをアイソプラナティック領域内の正方開口とした場合の結像点  $I P$  近傍の光束を説明する図

【図 6】

図 5 の光束による u 軸方向、 v 軸方向の光強度分布図

【図 7】

本発明の第 1 の実施例のブロック図

【図 8】

本発明の第 1 の実施例に用いる第 2 のパターンの図

【図 9】

本発明の第 1 の実施例における第 3 のパターンと光強度分布測定装置の配置を説明する断面図

【図 1 0】

本発明の第 2 の実施例のブロック図

【図 1 1】

本発明の第 2 の実施例において用いられる一体ユニットの断面図

【図 1 2】

一体ユニットを走査したときの結像の様子を説明するための図

【図 1 3】

半導体デバイス製造工程のフローチャート

【図 1 4】

ウエハプロセスのフローチャート

【符号の説明】

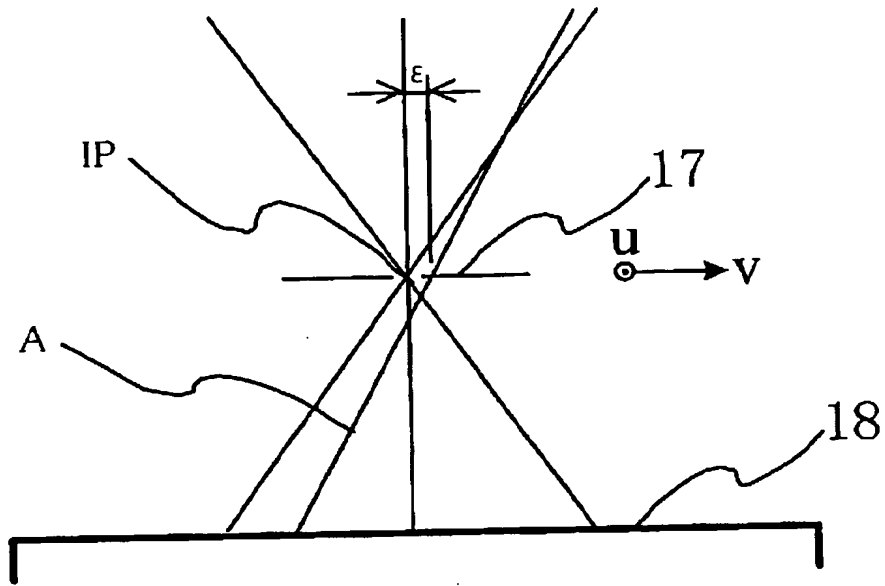
- 1 1 第 2 のパターン
- 1 2 マスク
- 1 4 ウエハステージ
- 1 6 第 2 の照明系
- 1 7 第 3 のパターン
- 1 8 光強度分布測定装置
- 1 9 第 3 のパターンを光軸に垂直な面で走査するためのアクチュエータの制御装置
- 2 0 信号処理装置
- 3 1 第 3 のパターンを光軸に垂直な面で走査するためのアクチュエータ

特 2 0 0 0 - 1 3 3 5 9 7

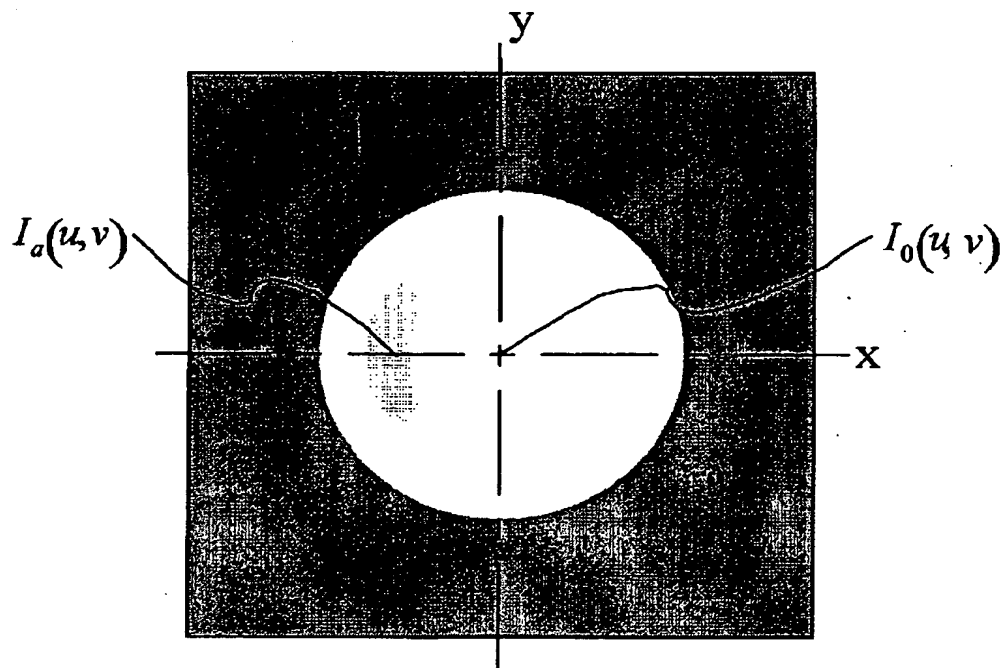
一 夕

【書類名】 図面

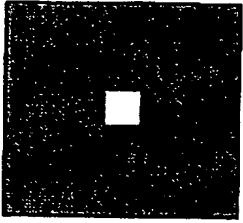
【図 1】



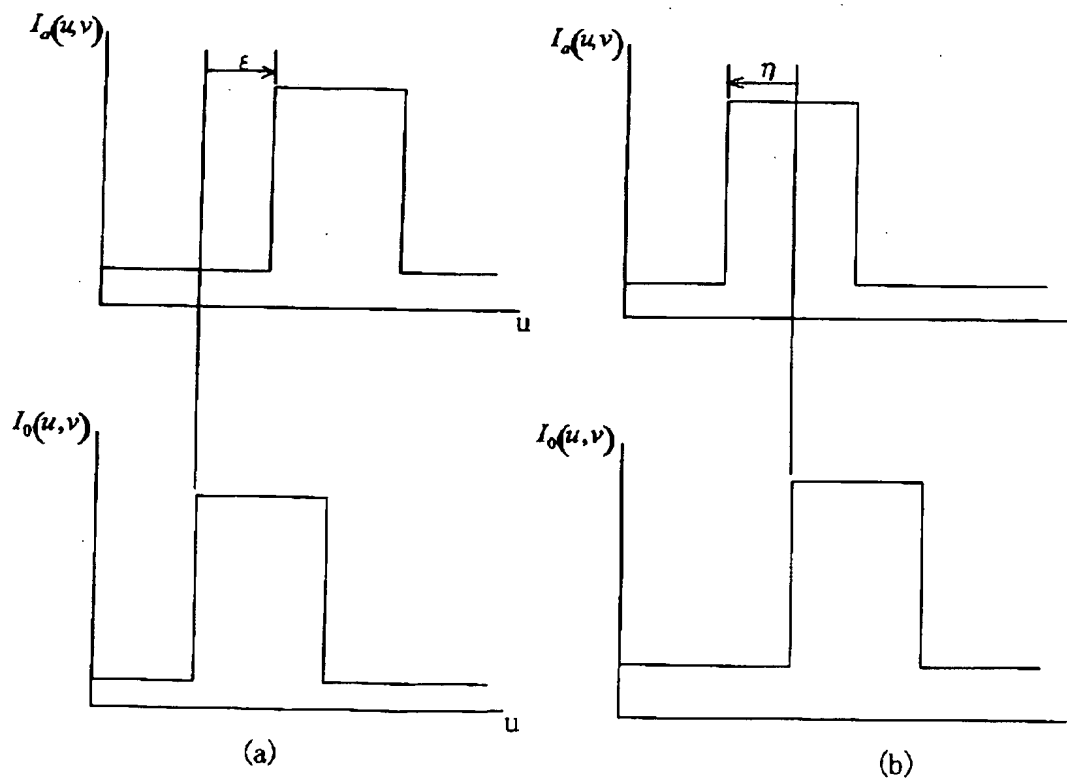
【図 2】



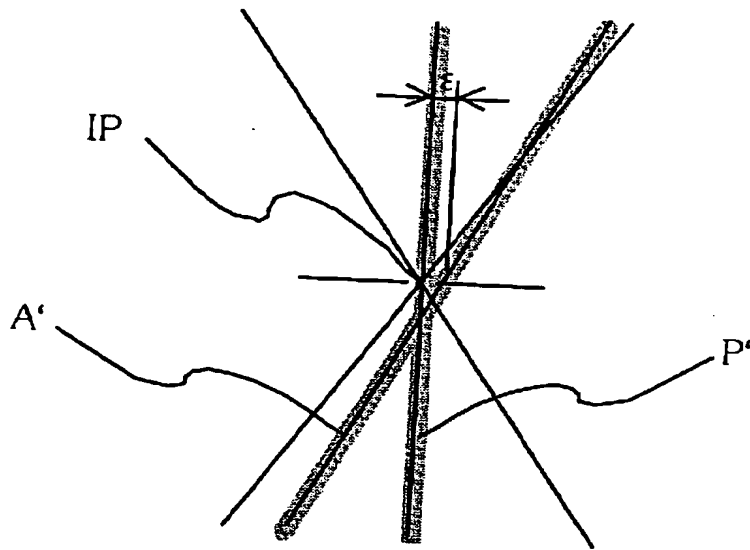
【図3】



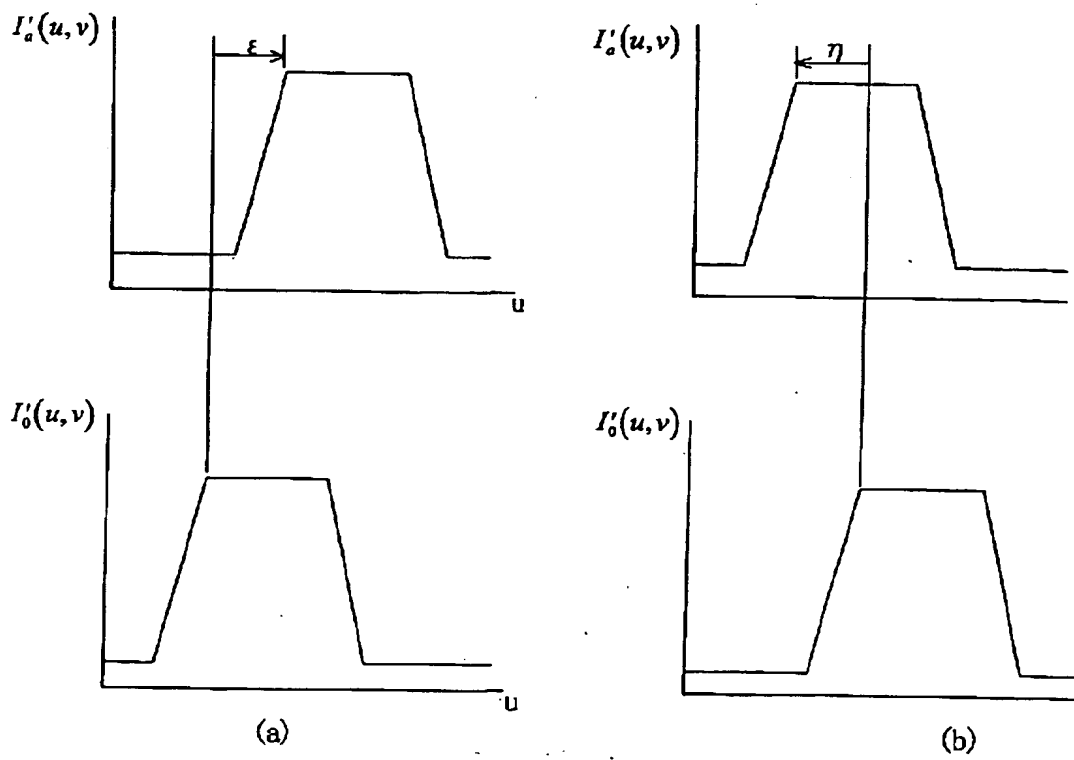
【図4】



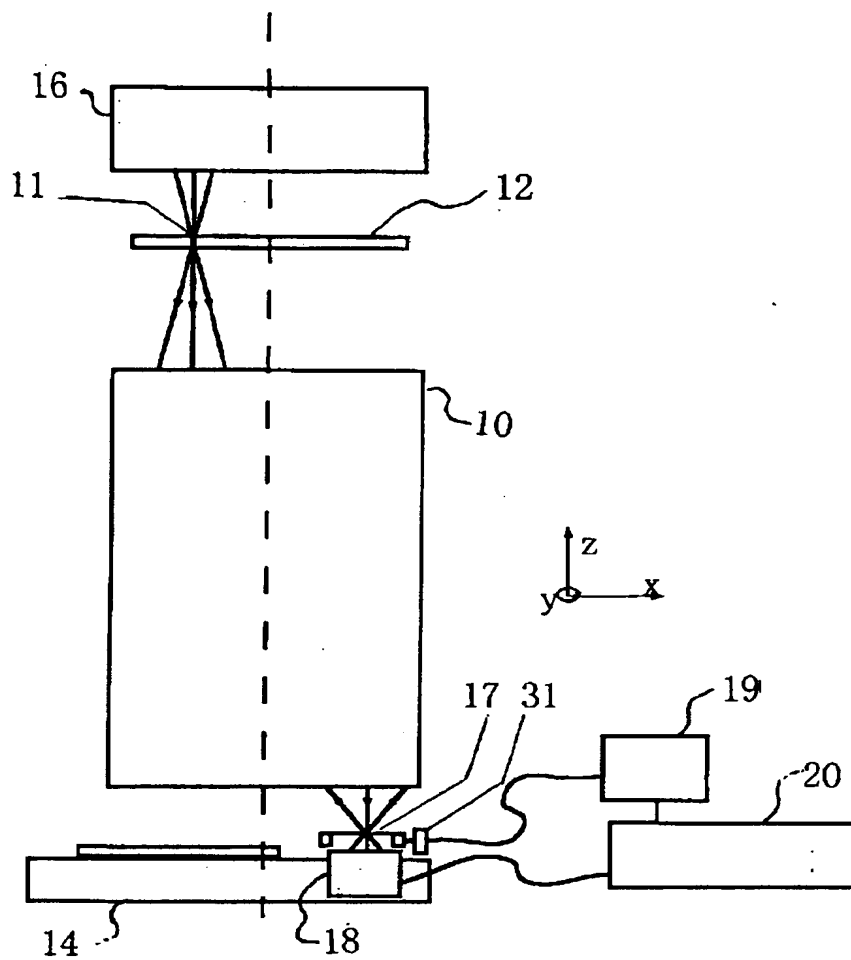
【図 5】



【図 6】

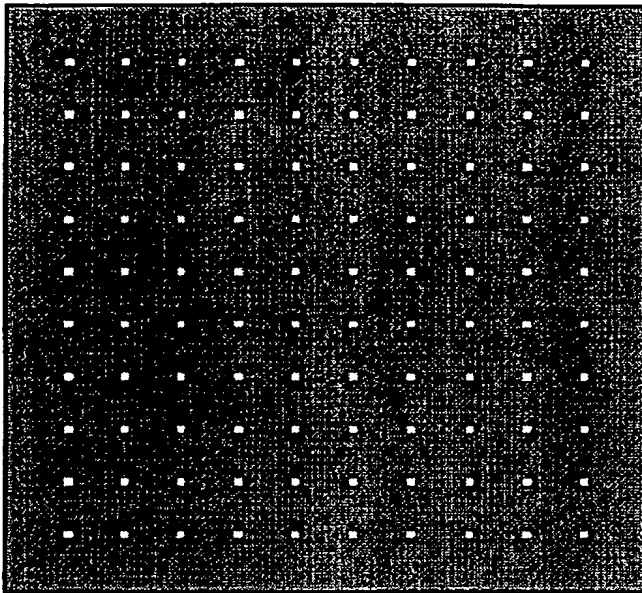


【図 7】

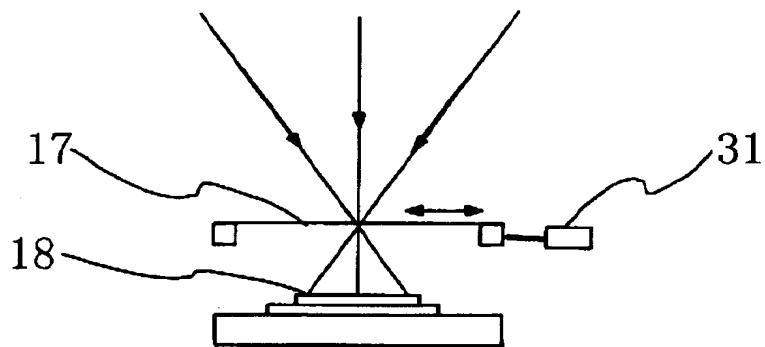




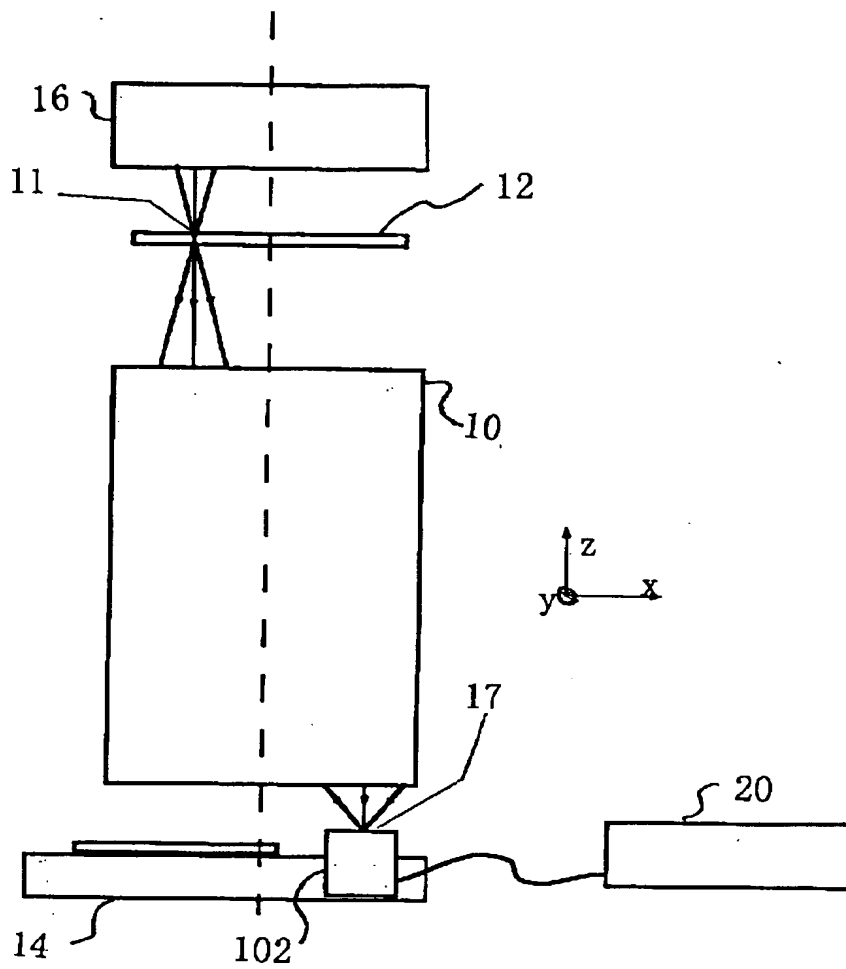
【図 8】



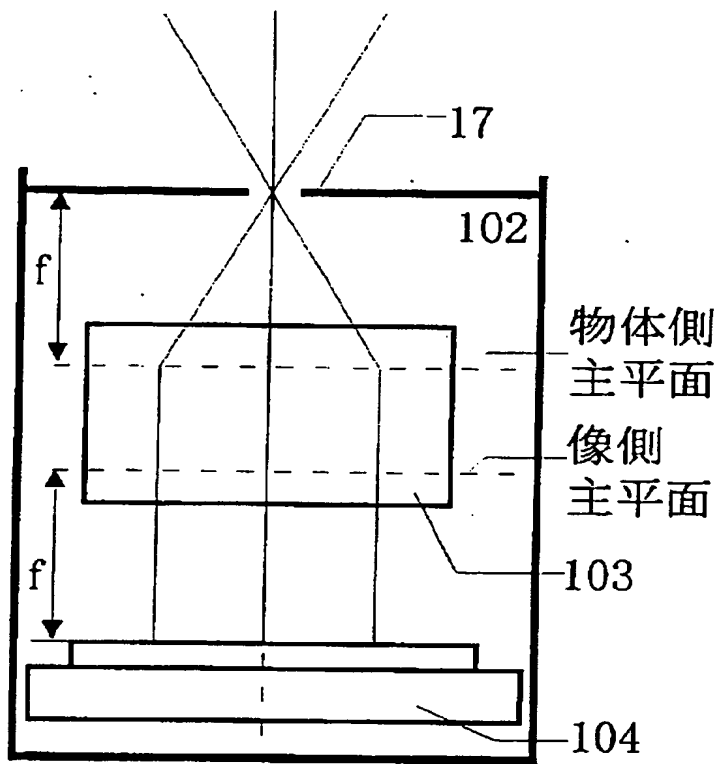
【図 9】



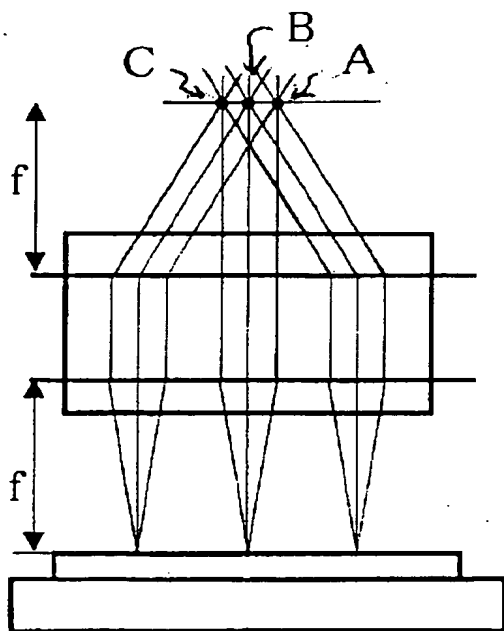
【図 10】



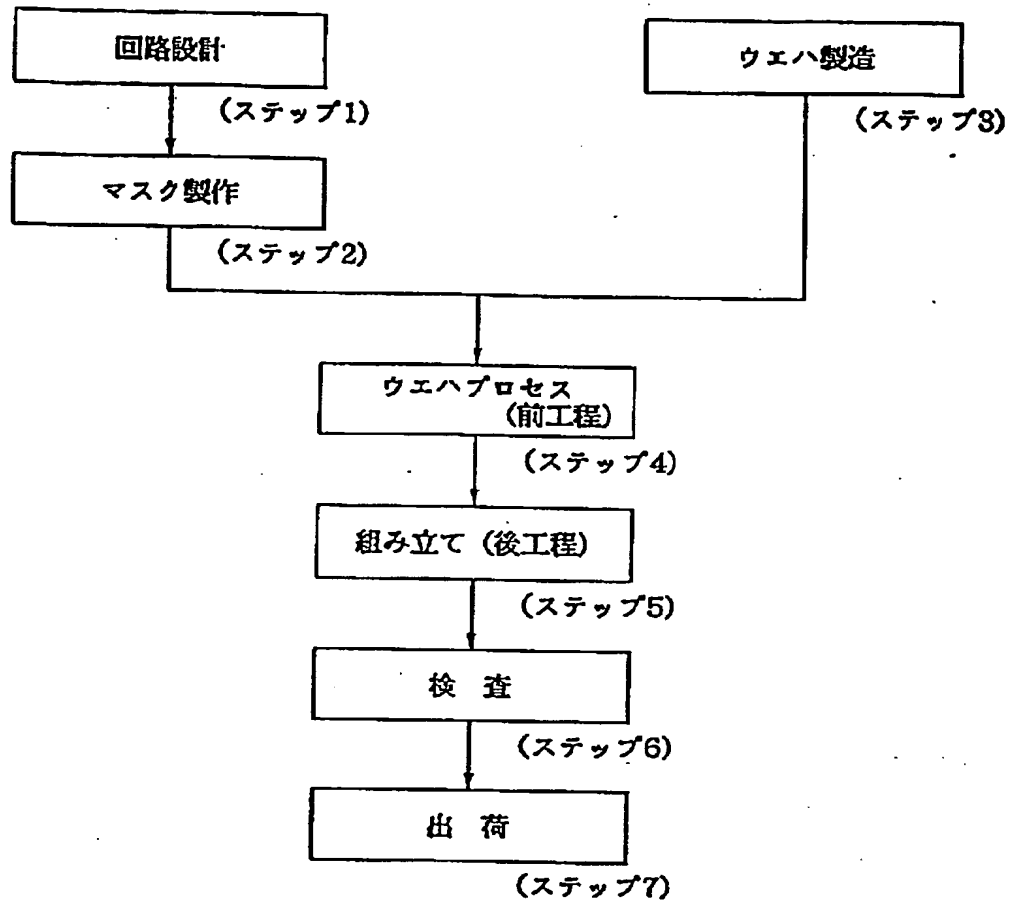
【図 1 1】



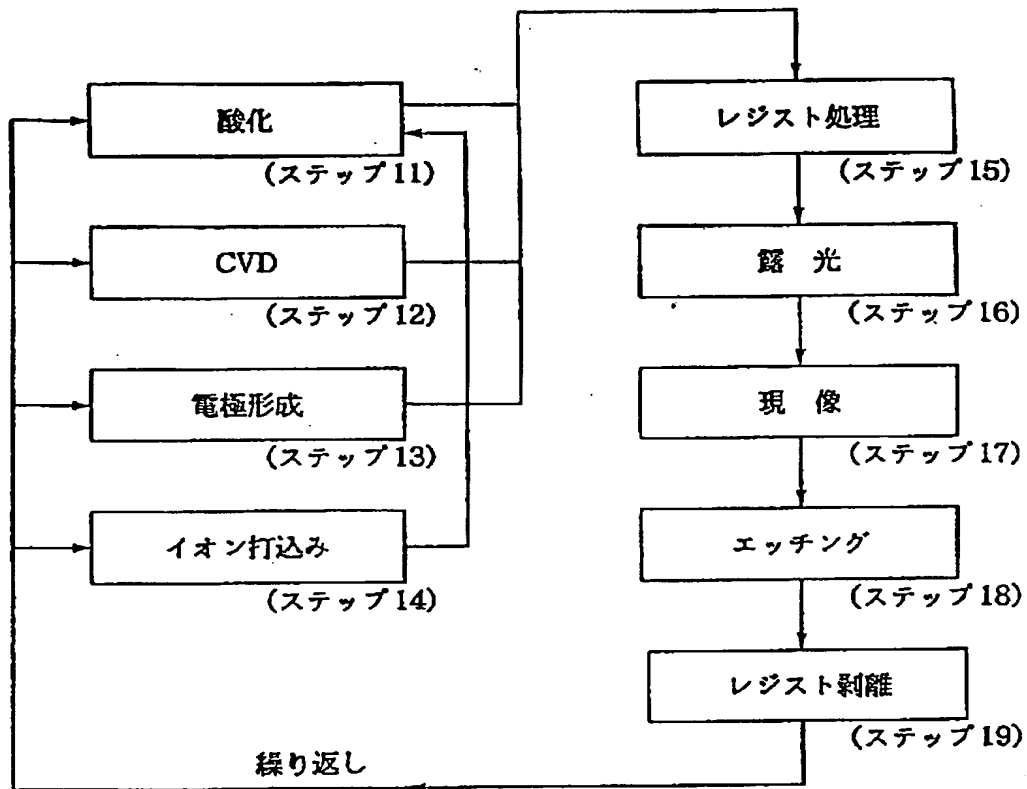
【図 1 2】



【図13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 投影露光装置上で投影光学系の結像性能、特に波面収差を計測する機能を備えた投影露光装置を提供する。

【解決手段】 第2の照明系16から出射する光束は、第2のパターン11を通過した光束が投影光学系10の入射瞳を十分に覆うものであるとする。第2のパターン11は、投影光学系10のアイソプラナティック領域より小さい物体とする。半導体露光装置の投影系の場合、目安として画面サイズの数%以内がアイソプラナティック領域とみなされる。そして、たとえば、正方形開口等の第3のパターン17を、アクチュエータ31により光軸に垂直な平面を走査する。この時の、パターンの位置に対する光強度分布測定装置18の出力により光線収差 $(\varepsilon(x, y), \eta(x, y))$ が得られ、この光線収差から、信号処理装置20により、波面収差 $\phi(x, y)$ が求められる。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
氏 名 キヤノン株式会社